МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА

ОНТОЛОГИЯ ТЕЧЕНИЯ ВРЕМЕНИ: АБСТРАКТНЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ

А.М. Анисов

Отдел эпистемологии и логики
Институт философии РАН
ул. Гончарная, 12/1, Москва, Россия, 109240

В статье с помощью абстрактных вычислительных моделей на основе созданного автором языка программирования АВТ строится онтология течения времени. Одна из моделей эксплицирует оригинальную концепцию атомарного времени, возникшую в средневековой арабской философии.

Ключевые слова: течение времени, становление, вычислительная модель, арабская философия времени.

§1. АВТ-МОДЕЛЬ ТЕЧЕНИЯ ВРЕМЕНИ

В [3] был описан абстрактный язык программирования АВТ, далеко выходящий за рамки стандартных теорий вычислимости. Воспользуемся этим языком для моделирования течения времени. Процесс течения времени или становления связан как с утратой части прошлого, так и с новыми приобретениями в будущем. Но становление — не хаотический процесс. В его основе лежат определенные закономерности, которые, однако, не должны быть слишком «жесткими». Необходимо избегать как крайности полного произвола, так и крайности предопределённости хода течения времени. Соблюсти оба эти условия можно за счет ввода в модель становления, с одной стороны, стабилизирующего звена — *формальной теории времени*, а с другой — *моделей этой теории*, которые до известных пределов варьируются и, тем самым, позволяют избегать фатальной неизбежности возникновения или исчезновения тех или иных ситуаций или событий. Приступим к осуществлению намеченной программы.

Пусть язык LS содержит следующие символы.

1. Индивидные переменные (переменные первого порядка)

$$x, y, z, x_1, x_2, \dots, x_n, \dots$$

2. Одноместные предикатные переменные (переменные второго порядка)

$$X, Y, Z, X_1, X_2, \dots, X_n, \dots$$

3. Одноместную предикатную константу H.
4. Двухместную предикатную константу **E**.
5. Логические связки и кванторы по переменным всех типов.
6. Технические символы (пробел, левая и правая скобки).

Термами первого порядка являются индивидные переменные. *Термами второго порядка* являются предикатные переменные и константа H. Если α — терм первого порядка и Γ, Δ — термы второго порядка, то выражения вида $\Gamma(\alpha)$, $\Delta(\alpha)$ и $\Gamma\ \mathbf{E}\ \Delta$ — *атомарные формулы*. Атомарными формулами будут, например, выражения $H(x)$, $X(x)$, $X\ \mathbf{E}\ Y$, $X\ \mathbf{E}\ H$ и т.п. Остальные пункты определения правильно построенных формул, формулировка логических аксиом и правил вывода обычные (см., напр., [5. Гл. 5]).

Равенство термов первого порядка можно ввести по определению: $\alpha \approx \beta$ является сокращением формулы $\forall\Gamma(\Gamma(\alpha) \leftrightarrow \Gamma(\beta))$. Короче, $\alpha \approx \beta \leftrightarrow_{\mathrm{Df}} \forall\Gamma(\Gamma(\alpha) \leftrightarrow \Gamma(\beta))$. В свою очередь, равенство термов второго порядка $\Gamma \equiv \Delta$ есть сокращение формулы $\forall\alpha(\Gamma(\alpha) \leftrightarrow \Delta(\alpha))$: $\Gamma \equiv \Delta \leftrightarrow_{\mathrm{Df}} \forall\alpha(\Gamma(\alpha) \leftrightarrow \Delta(\alpha))$. При этом дополнительно принимаем аксиому $\forall X_1\forall X_2\forall Y_1\forall Y_2\ ((X_1 \equiv Y_1\ \&\ X_2 \equiv Y_2) \to (X_1\ \mathbf{E}\ X_2 \to Y_1\ \mathbf{E}\ Y_2))$. Знак «=» остаётся знаком равенства в метаязыке.

В подразумеваемой смысловой интерпретации значениями переменных первого и второго порядка являются *события* и *множества событий* соответственно. Среди множеств событий выделяются *моменты времени* — те множества, которые принадлежат полю отношения *раньше, чем*. Это отношение обозначается символом **E**, момент настоящего символом H.

Введём для удобства еще несколько сокращений:

$\mathrm{m}(X) \leftrightarrow_{\mathrm{Df}} \exists Y(X\ \mathbf{E}\ Y \lor Y\ \mathbf{E}\ X)$ (X — *момент времени*),

$X \| Y \leftrightarrow_{\mathrm{Df}} X\ \mathbf{E}\ Y \lor Y\ \mathbf{E}\ X \lor (X \equiv Y\ \&\ \mathrm{m}(X))$ (*сравнимость* двух моментов времени),

$X|Y \leftrightarrow_{\mathrm{Df}} (\mathrm{X}\ \mathbf{E}\ \mathrm{Y} \lor \mathrm{Y}\ \mathbf{E}\ \mathrm{X})\ \&\ \forall Z(\neg(X\ \mathbf{E}\ Z\ \mathbf{E}\ Y)\ \&\ \neg(Y\ \mathbf{E}\ Z\ \mathbf{E}\ X))$ (X и Y — *соседние* моменты времени).

Аксиомами теории **TS** в языке **LS** являются следующие формулы, образующие из-за пункта 1 бесконечный список.

1. $\forall X(\mathrm{m}(X) \to \exists x_1\exists x_2 ... \exists x_n(X(x_1)\ \&\ X(x_2)\ \& ... \&\ X(x_n)\ \&\ \neg(x_1 \approx x_2)\ \&\ \neg(x_1 \approx x_3)\ \&\ ...\ \&\ \neg(x_1 \approx x_n)\ \&\ \neg(x_2 \approx x_3)\ \&\ \neg(x_2 \approx x_4)\ \&\ ...\ \&\ \neg(x_2 \approx x_n)\ \&\ ...\ \&\ \neg(x_j \approx x_{j+1})\ \&\ \neg(x_j \approx x_{j+2})\ \&\ ...\ \&\ \neg(x_j \approx x_n)\ \&\ ...\ \&\ \neg(x_{n-1} \approx x_n)))$ (для каждого $n > 1$ имеем отдельную аксиому 1_n)
2. $\forall x\exists X(\mathrm{m}(X)\ \&\ X(x))$
3. $\forall X\neg(X\ \mathbf{E}\ X)$
4. $\forall X\forall Y\forall Z(X\ \mathbf{E}\ Y\ \&\ Y\ \mathbf{E}\ Z \to X\ \mathbf{E}\ Z)$
5. $\forall X(\mathrm{m}(X) \to X \| H)$
6. $\forall X\forall Y\forall Z(Y\ \mathbf{E}\ X\ \&\ Z\ \mathbf{E}\ X \to Y \| Z)$
7. $\forall X(\mathrm{m}(X) \to \exists Y(Y\ \mathbf{E}\ X\ \&\ Y|X))$
8. $\forall X(\exists Y(X\ \mathbf{E}\ Y) \to \exists Z(X\ \mathbf{E}\ Z\ \&\ X|Z))$
9. $\exists X\exists Y(H\ \mathbf{E}\ X\ \&\ H\ \mathbf{E}\ Y\ \&\ H|X\ \&\ H|Y\ \&\ X \neq Y)$

На этом список аксиом **TS** исчерпан.

Очевидно, аксиомы 3 и 4 утверждают, что отношение **E** является отношением частичного порядка. Существование моментов времени следует, например, из аксиомы 2. Кроме того, из 2 вытекает, что не существует событий вне времени. Схема аксиом 1 гарантирует бесконечность каждого момента времени. Аксиома 9 позволяет доказать теорему **TS** $\vdash$ m(*H*). Из аксиомы 5 вытекает сравнимость с *H* по отношению **E** любого момента времени, отличного от *H* (такие моменты существуют в силу непустоты и антирефлексивности **E**). Иными словами, каждый неравный *H* момент времени либо раньше, чем *H*, либо позже, чем *H*. Аксиома 6 запрещает ветвление в прошлое (в этом случае говорят о линейности времени в прошлое). Так как **TS** $\vdash \exists X(\mathrm{m}(X))$, то отсюда и из аксиомы 7 получаем отсутствие начала времени. Вместе аксиомы 7 и 8 утверждают, что отношение **E** дискретно. Наконец, из аксиомы 9 следует, что время ветвится в будущее от момента настоящего *H*.

По-видимому, не все аксиомы **TS** одинаково интуитивно приемлемы. В принципе можно было вместо **TS** взять другую теорию, постулирующую иные свойства времени. Подчеркнем, однако, что дискретность времени существенна для того типа моделей динамической концепции времени, которые мы рассматриваем в данной работе.

Определим предикаты прошлого **P**, настоящего **H** и будущего **F**: $\mathbf{P}(X) \leftrightarrow_{\mathrm{Df}} X\ \mathbf{E}\ H$, $\mathbf{H}(X) \leftrightarrow_{\mathrm{Df}} X = H$, $\mathbf{F}(X) \leftrightarrow_{\mathrm{Df}} H\ \mathbf{E}\ X$. В любой модели **M** = <**U**, **J**> теории **TS** множество моментов прошлого **J**(**P**) линейно упорядочено, а множество моментов будущего **J**(**F**) частично упорядочено отношением **J**(**E**) (здесь **U** — непустое множество, являющееся *универсумом* модели **M**, **J** — функция *интерпретации* этой модели, доопределённая на множестве {**P**, **H**, **F**} следующим образом:

$$\mathbf{J}(\mathbf{P}) = \{\mathbf{Q}\colon \mathbf{Q}\ \mathbf{J}(\mathbf{E})\ \mathbf{J}(H)\},\ \mathbf{J}(\mathbf{H}) = \{\mathbf{J}(H)\},\ \mathbf{J}(\mathbf{F}) = \{\mathbf{Q}\colon \mathbf{J}(H)\ \mathbf{J}(\mathbf{E})\ \mathbf{Q}\}).$$

Положим $\mathbf{S} =_{\mathrm{Df}} \mathbf{J}(\mathbf{P}) \cup \mathbf{J}(\mathbf{H}) \cup \mathbf{J}(\mathbf{F})$. Тогда **S** является *множеством моментов времени в модели* **M**. Модель **M** = <**U**, **J**> теории **TS** называется **корректной**, если

1) для любого момента времени $\mathrm{m} \in \mathbf{S}$ выполнено условие $|\mathbf{J}(\mathbf{F})| < |2^{\mathrm{m}}|$ (т.е. число моментов будущего меньше, чем кардинал множества всех подмножеств любого прошлого, настоящего или будущего момента);
2) для любых моментов $\mathrm{m}_1, \mathrm{m}_2 \in \mathbf{S}$ таких, что $\mathrm{m}_1\ \mathbf{J}(\mathbf{E})\ \mathrm{m}_2$ множество $\{\mathrm{m} \in \mathbf{S}\colon \mathrm{m}_1\ \mathbf{J}(\mathbf{E})\ \mathrm{m}\ \mathbf{J}(\mathbf{E})\ \mathrm{m}_2\}$ конечно или пусто;
3) существует множество счетных ординалов **C** такое, что $|\mathbf{C}| > \omega$ и $(\forall\alpha \in \mathbf{C})(\alpha \notin \mathbf{U})$.

Данное определение связано с обеспечением *t*-корректности рассматриваемой ниже АВТ-программы BECOMING.ABT, а также обусловлено содержательными соображениями (о них речь пойдёт ниже).

Возьмём произвольную модель **M** = <**U**, **J**> теории **TS** (то, что эта теория имеет модели, не вызывает сомнений). Назовем функцию **f** *функцией выбора прошлого для* **M**, если **f** удовлетворяет следующим условиям:

1) **f** определена на семействе **S**;
2) $(\forall \mathrm{m} \in \mathbf{J}(\mathbf{F}))(\mathbf{f}(\mathrm{m}) = \mathrm{m})$;

3) $(\forall m \in \mathbf{S}\backslash\mathbf{J}(\mathbf{F}))\ ((\omega \leq |\mathbf{f}(m)|)\ \&\ (\mathbf{f}(m) \subset m)\ \&\ (m\backslash\mathbf{f}(m) \neq \varnothing))$;

4) $(\forall m, m' \in \mathbf{S})\ (m \neq m' \rightarrow \mathbf{f}(m) \neq \mathbf{f}(m'))$.

Так определённая функция **f** является взаимно однозначной.

Положим $\mathbf{S}' =_{\mathrm{Df}} \mathbf{J}'(\mathbf{P}) \cup \mathbf{J}'(\mathbf{H})\ \mathbf{J}'(\mathbf{F})$. Будем говорить, что модель $\mathbf{M}' = <\mathbf{U}', \mathbf{J}'>$ есть *сужение в прошлое* модели $\mathbf{M} = <\mathbf{U}, \mathbf{J}>$ теории **TS**, если выполнены следующие условия, в которых используется функция **f** выбора прошлого для **M**:

1) $\mathbf{J}'(H) = \mathbf{f}(\mathbf{J}(H))$, $\mathbf{J}'(\mathbf{P}) = \{m' : (\exists m \in \mathbf{J}(\mathbf{P}))\ (m' = \mathbf{f}(m))\}$;

2) $\mathbf{J}'(\mathbf{H}) = \{\mathbf{J}'(H)\}$ и $\mathbf{J}'(\mathbf{F}) = \mathbf{J}(\mathbf{F})$;

3) для всех $m_1, m_2 \in \mathbf{S}'$, если $\mathbf{f}^{-1}(m_1)\ \mathbf{J}(\mathbf{E})\ \mathbf{f}^{-1}(m_2)$, то выполняется $m_1\ \mathbf{J}'(\mathbf{E})\ m_2$;

4) $\mathbf{U}' = \cup\mathbf{S}'$.

Отметим, что равенство $\mathbf{U}' = \cup\mathbf{S}'$ обеспечивает выполнимость аксиомы 2. Ясно, что $\mathbf{U}' \subset \mathbf{U}$ и $\mathbf{M}'$ модель **TS**.

Введём новую константу **TS′** для обозначения теории, получающейся из **TS** заменой аксиомы 9 на формулу $m(H)$. Существование моделей для **TS′** следует из аналогичного факта для **TS**, так как **TS′** — подтеория **TS**.

Выберем в модели $\mathbf{M} = <\mathbf{U}, \mathbf{J}>$ теории **TS** произвольный момент m, соседний с $\mathbf{J}(H)$ и такой, что $\mathbf{J}(H)\ \mathbf{J}(\mathbf{E})\ m$. Затем отбросим все моменты, несравнимые с m. Положим

1) $\mathbf{S}' =_{\mathrm{Df}} \{m' : m'\ \mathbf{J}(\mathbf{E})\ m \vee m\ \mathbf{J}(\mathbf{E})\ m' \vee m = m'\}$ (получается, что $\mathbf{S}' \subset \mathbf{S}$ и $\mathbf{S}' \neq \mathbf{S}$, поскольку в модели **M** имеются моменты, несравнимые с m, что вытекает из аксиомы 9 теории **TS**);

2) $\mathbf{U}' =_{\mathrm{Df}} \cup\mathbf{S}'$ и $\mathbf{J}'(H) =_{\mathrm{Df}} m$;

3) $\mathbf{J}'(\mathbf{E})$ есть сужение $\mathbf{J}(\mathbf{E})$ на множество $\mathbf{S}'$.

Очевидно, что $\mathbf{M}' = <\mathbf{U}', \mathbf{J}'>$ — модель теории **TS′**. По определению, модель **M′** теории **TS′** является *переходом в будущее* относительно модели **M** теории **TS**.

Пусть $\mathbf{M_1} = <\mathbf{U}_1, \mathbf{J}_1>$ — произвольная модель теории **TS**, являющаяся расширением модели $\mathbf{M} = <\mathbf{U}, \mathbf{J}>$ теории **TS′** таким, что

1) $\mathbf{U} \subset \mathbf{U}_1$, $\mathbf{J}_1(\mathbf{P}) = \mathbf{J}(\mathbf{P})$, $\mathbf{J}_1(H) = \mathbf{J}(H)$;

2) $\mathbf{J}(\mathbf{F}) \subset \mathbf{J}_1(\mathbf{F})$ и при этом множество соседних с $\mathbf{J}_1(H)$ моментов, удовлетворяющих условию $m \in (\mathbf{J}_1(\mathbf{F})\backslash\mathbf{J}(\mathbf{F}))\ \&\ \mathbf{J}_1(H)\ \mathbf{J}(\mathbf{E})\ m$, не пусто.

Назовем $\mathbf{M_1}$ первым расширением в будущее для модели **M**.

Далее, пусть $\mathbf{M}' = <\mathbf{U}', \mathbf{J}'>$ — любая модель теории **TS**, для которой выполняются следующие условия:

1) $\mathbf{U_1} \subset \mathbf{U}'$ и $\mathbf{J}_1(\mathbf{P}) = \mathbf{J}'(\mathbf{P})$;

2) существует взаимно однозначная функция **f** из $\mathbf{S_1} =_{\mathrm{Df}} \mathbf{J}_1(\mathbf{P}) \cup \mathbf{J}_1(\mathbf{H}) \cup \mathbf{J}_1(\mathbf{F})$ на $\mathbf{S}' =_{\mathrm{Df}} \mathbf{J}'(\mathbf{P}) \cup \mathbf{J}'(\mathbf{H}) \cup \mathbf{J}'(\mathbf{F})$ такая, что

   a. $m_1\ \mathbf{J}_1(\mathbf{E})\ m_2 \Leftrightarrow \mathbf{f}(m_1)\ \mathbf{J}'(\mathbf{E})\ \mathbf{f}(m_2)$;

   b. для всех $m \in \mathbf{J}_1(\mathbf{H}) \cup \mathbf{J}_1(\mathbf{F})$ выполняется $m \subset \mathbf{f}(m)$, $\mathbf{f}(m)\backslash m \neq \varnothing$.

Тогда **M′** назовём *вторым расширением в будущее* для модели **M**.

Напомним, что ординал $\omega = \{\varnothing, \{\varnothing\}, \{\varnothing, \{\varnothing\}\}, \{\varnothing, \{\varnothing\}, \{\varnothing, \{\varnothing\}\}\},...\}$, где множества $\varnothing, \{\varnothing\}, \{\varnothing, \{\varnothing\}\}, \{\varnothing, \{\varnothing\}, \{\varnothing, \{\varnothing\}\}\}$, ... представляют числа 0, 1, 2, 3, ... В качестве ω^* возьмем множество $\{..., \{\{\varnothing, \{\varnothing\}, \{\varnothing, \{\varnothing\}\}\}\}, \{\{\varnothing, \{\varnothing\}\}\}, \{\{\varnothing\}\}\}$, т.е. положим $\omega^* =_{\mathrm{Df}} \{\alpha: (\exists\beta \in \omega\backslash\{\varnothing\})\ (\alpha = \{\beta\})\}$. Тогда для каждого положительного $n \in \omega$ соответствующее отрицательное число $-n$ есть просто $\{n\} \in \omega^*$. Отношение порядка на множестве ω совпадает с отношением $\in$, суженным на ω. Множество ω^* упорядочим следующим образом:

$$(\forall \{n\},\{m\} \in \omega^*)\ (\{n\} < \{m\} \leftrightarrow_{\mathrm{Df}} m \in n).$$

Ясно, что так определенный порядок на множестве ω^* изоморфен порядку на множестве отрицательных целых чисел.

Здесь и далее в этом параграфе принимается равенство $\mathrm{LD} = \omega^* + \omega$, т.е. множество LD упорядочено по типу множества всех целых чисел. Из описания множеств ω и ω^* следует, что множество $\mathrm{E}(\omega^* + \omega) = \mathrm{E(LD)}$ счётно. Кроме того, из равенства $|\mathrm{E}(\mathrm{LD}(x))| = |\mathrm{E(LD)}|$, выполняющегося для каждого $x \in \mathrm{LD}$, следует, что множество LD является E-равномерным (1).

Завершив предварительные шаги, перейдём к построению ABT-программы BECOMING.ABT, моделирующей течение времени на основе теории **TS**.

***Программа* BECOMING.ABT**

I_1 DELETE X
I_2 CHOOSE X | (X отрезок LD) & $X = Y^+$
I_3 IF X = LD THEN END
I_4 DELETE Y
I_5 CHOOSE Y | (Y отрезок LD) & $Y = X^+$
I_6 IF Y = LD THEN END
I_7 DELETE X_1
I_8 CHOOSE X_1 | $X_1 \models \mathrm{TS}$ & X_1 — сужение в прошлое для Y_1
I_9 DELETE Y_1
I_{10} CHOOSE Y_1 | $Y_1 \models \mathrm{TS}'$ & Y_1 — переход в будущее относительно X_1
I_{11} DELETE X_1
I_{12} CHOOSE X_1 | $X_1 \models \mathrm{TS}$ & X_1 — первое расширение в будущее для Y_1 & X_1 корректен & $|\mathrm{Mm}(X)| \le |\mathrm{Mm}\backslash(\mathrm{Mm}(X) \cup \mathrm{Mm}(Y) \cup \mathrm{Mm}(X_1) \cup \mathrm{Mm}(Y_1))|$
I_{13} DELETE Y_1
I_{14} CHOOSE Y_1 | $Y_1 \models \mathrm{TS}$ & Y_1 — второе расширение в будущее для X1 & Y_1 корректен & $|\mathrm{Mm}(X_1)| \le |\mathrm{Mm}(Y_1)|$
I_{15} GOTO I_1

Вопрос о выполнимости программы BECOMING.ABT отложим на конец параграфа, а сейчас обратимся к концептуальной стороне дела.

С содержательной точки зрения процесс выполнения программы BECOMING.ABT подходящим ABT-компьютером @ моделирует становление во времени, которое представляет из себя трансфинитный цикл, не имеющий ни начала, ни конца. Цикл обеспечивается инструкциями I_1 — I_6 и I_{15}, в совокупности составляющими каноническую программу CC_LD (см. [3]). При этом инструкции I_3 и I_6, завершающие цикл, в данном случае не нужны и могут быть исключены из программы BECOMING.ABT.

Метамоментом рассматриваемой модели становления будем называть модель **M** = <**U**, **J**> теории **TS**, возникшую после выполнения инструкции I_{14}. Все остальные модели, появляющиеся на свет в ходе выполнения программы BECOMING.ABT, образуют **квазиметамоменты**, каждый из которых, с одной стороны, есть след предыдущего исчезающего метамомента, а с другой — представляет из себя этап возникновения следующего нового метамомента.

Сосуществование в памяти компьютера двух метамоментов (это означало бы сосуществование двух метанастоящих) недопустимо по философским причинам, поэтому сосуществовать могут либо метамомент и квазиметамомент, либо квазиметамомент и квазиметамомент. На самом деле нет необходимости при обсуждении проблемы сосуществования добавлять «в памяти компьютера», поскольку в динамических универсумах *существовать* означает *существовать в памяти*. Те объекты, которые не находятся в памяти, не могут считаться существующими. Таким образом, достаточно проследить за перераспределением памяти, чтобы убедиться в том, что не возникает запретных ситуаций сосуществования уже прошедшего и еще не наступившего.

Первой инструкцией, не относящейся к каноническому циклу CC_LD, является инструкция I_7. После ее выполнения существует только метамомент **M**, возникший в предыдущем цикле. Затем выполняется инструкция I_8 — метамомент по-прежнему существует, но уже рядом с квазиметамоментом, являющимся его следом. После выполнения I_9 остается только след безвозвратно ушедшего метамомента. При этом теряется часть ситуаций, образовывавших универсум **U** из **M**.

На следующем шаге (инструкция I_{10}) налицо первые признаки зарождения следующего метамомента: выбирается новое настоящее. Однако процесс потерь продолжается — ведь выбор настоящего сопровождается исчезновением всех альтернатив, утративших возможность осуществления в будущем. После выполнения I_{11} об этих альтернативах остается только гадать. Сказанное, между прочим, имеет отношение к расхожему вопросу о том, дозволительно ли сослагательное наклонение в истории или нет? В рассматриваемой относительно простой модели становления ответ на поставленный вопрос однозначно отрицательный, но это обстоятельство не предрешает решения проблемы в более сложных моделях исторического процесса.

Последние шаги связаны с дальнейшей актуализацией нового метамомента, протекающей уже без каких-либо потерь в том смысле, что ни отдельные ситуации, ни множества ситуаций (моменты) не исчезают. На шаге I_{12} расширяется и множество ситуаций, и множество будущих альтернатив. Выполнение I_{13} устраняет лишь то, что и так содержится в первом расширении в будущее. Наконец, второе расширение в будущее (обогащающее возникающее настоящее и имеющиеся будущие альтернативы развития новыми ситуациями) в ходе выполнения I_{14} приводит к образованию нового метамомента. При этом сохраняет существование результат первого расширения — квазиметамомент. Затем цикл повторяется вновь.

В результате выполнения инструкций I_{12} и I_{14} должны получаться корректные модели теории **TS**. В содержательном плане пункт 2 определения корректной модели предотвращает процессы, в которых количество шагов трансфинитного цикла не согласуется с количеством моментов времени. Точнее, в соответствии с интуитивным представлением о том, что каждый момент прошлого когда-то был настоящим, а любой из моментов будущего может стать настоящим, необходимо иметь сохраняющее порядок взаимно однозначное соответствие между множеством $\omega^* + \omega$ и каждым из максимальных линейно упорядоченных подмножеств множества моментов времени. Тогда для каждого момента времени можно указать шаг трансфинитного цикла (отрезок множества $\omega^* + \omega$), на котором этот момент либо был настоящим, либо является настоящим, либо, возможно, им будет.

Как убедиться в том, что программа BECOMING.ABT будет успешно выполняться на подходящем ABT-компьютере? Программа BECOMING.ABT не только не должна завершать свое функционирование, но и не должна иметь начального шага выполнения. Выполнение таких программ возможно только на компьютерах с бесконечной памятью, что также накладывает свою специфику на рассуждения об ABT-программах. В этих условиях свойства *f*-корректности уже не достаточно: требуется ввести понятие *корректности относительно прошлого*, или ***p*-корректности**, фиксирующее отсутствие начала процесса. ABT-программы, являющиеся одновременно и *f*-, и *p*-корректными, будем называть ***t*-корректными**.

Если π — ABT-программа и I какая-либо инструкция из π, то запись вида $\uparrow\pi$ указывает на то, что процесс выполнения π на подходящем ABT-компьютере не имеет начала, а запись вида $\uparrow(I)\pi$ указывает на отсутствие первого выполнения инструкции I. Далее, запись типа $\{\uparrow(I)\pi(I)\uparrow\}Q$ будет означать, что процесс выполнения I не имеет ни первого, ни последнего шага, и что после каждого выполнения I предикат Q истинен. ABT-программу π, удовлетворяющую условию $\{\uparrow(I)\pi(I)\uparrow\}Q$, назовем ***тотально t-корректной*** *относительно I и Q*.

Ключевой в программе BECOMING. ABT является инструкция I_{14}, выполнение которой завершает построение очередного метамомента. Всё, что на самом деле требуется, — это получить корректную модель теории **TS**. Так что утверждение о тотальной *t*-корректности программы BECOMING.ABT сформулировать несложно: $\{\{\uparrow(I_{14})\text{BECOMING.ABT}(I_{14})\uparrow\}\ Y_1 \models \mathbf{TS}\ \&\ Y_1$ корректен.

Теорема о тотальной *t*-корректности программы BECOMING.ABT (2).

Утверждение $\{\{\uparrow(I_{14})\text{BECOMING. ABT}(I_{14})\uparrow\}\ Y_1 \models \text{TS}\ \&\ Y_1$ корректен *истинно тогда и только тогда, когда программа* BECOMING.ABT *выполняется на ABT-компьютере* @ = <Mm, Pr> *с бесконечной памятью. При этом в памяти* Mm *может находиться любая корректная модель* M *теории* **TS** *такая, что* $|E(M)| \leq |Mm|$.

Описанная в данной главе модель становления является универсумом с ограниченными ресурсами (уором). После выполнения инструкции I_{14} возможно, в частности, использование всей памяти без остатка для размещения сменяющих друг друга структур. На примере построенного уора хорошо видны, как нам представляется, специфические проблемы, возникающие в динамических универсумах, моделирующих течение времени.

§2. ABT-ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ФИЛОСОФИИ ВРЕМЕНИ МУТАЗИЛИТОВ

Концепция времени представителей раннего калама мутазилитов является оригинальным достижением средневековой арабской мысли. Как нам представляется, в предельно кратком виде (подробнее см. [2]) эта концепция сводится к следующим шести основным положениям.

1. Моменты времени у мутазилитов не являются точечными объектами. Они наделены некоторой *структурой*, в основе которой *пара* событий.

2. События оказываются *действиями*. Пары сменяющих одно другое действий производят момент времени и, наоборот, любой момент есть такая пара действий, сменяющих одно другое.

3. В конкретных примерах первое действие может означать *уничтожение*, а второе действие — *сотворение*.

4. Момент у мутазилитов не длится, хотя и образован двумя событиями. Но эти события-действия сменяют друг друга и никогда не наличествуют вместе, и потому не могут быть отделены друг от друга, «разрезаны».

5. Модель времени мутазилитов является *дискретной*: она состоит из атомарных моментов времени.

6. В каждый момент атомарного времени мироздание уничтожается и возникает вновь: время *течет*.

Перед нами, несомненно, *динамическая концепция времени*. Более того, ей нет аналогов в европейской традиции. Никто и никогда там не представлял становление с такой глубиной и детализацией. Время у мутазилитов предстаёт не как застывшая геометрическая структура, а как состоящий из сменяющих друг друга действий дискретный процесс, одни части которого уже в прошлом, другие только предстоит осуществить, а какое-то действие осуществляется здесь и теперь. Вместо метафор и апелляций к интуиции арабская философия предлагает основанное на процессуальной логике объяснение хода течения времени.

Сопоставим эти положения с динамической *ABT*-теорией времени, которая была построена в предыдущем параграфе. Как мы видели, эта теория имеет следующие особенности.

1. Каждый момент (точнее, метамомент, но это сейчас не важно) времени *структурирован* и представлен *шестью* событиями.

2. События оказываются *действиями*.

3. Имеются точно синтаксически и семантически заданные действия DELETE (логическая операция *уничтожения*) и CHOOSE (логический аналог *сотворения*).

4. Момент не длится в том смысле, что длится только время, состоящее из сменяющих друг друга моментов. «Разрез*а*ть» сам момент бессмысленно, хотя в его составе шесть событий-действий: как только какое-то из действий будут отброшено, выполнение оставшихся станет логически невозможным, течение времени прекратится!

5. Каждый актуально существующий момент m имел непосредственного предшественника m^- (если m не первый момент) и будет иметь непосредственного последователя m^+ (если m не последний момент). Таким образом, время оказывается *дискретным*.

6. Моменты времени, а вместе с ними всё мироздание (в модели теории), исчезают (но не полностью!) и появляются вновь (как бы прибавляя новое к старой основе). Время *течет*, мироздание находится в процессе *становления*.

Течение времени в сильно упрощённом виде может быть представлено следующим шести шаговым циклом преобразований π над тремя переменными M, P и F, представляющими мир *настоящего* (или мир актуально существующих вещей и событий) M, *прошлое* P, являющееся частью мира M, и грядущее *новое будущее* F, которое миру M не принадлежит.

1. Недетерминированным образом выбирается собственная часть M: CHOOSE P | P $\subset$ M и P $\neq$ M. M и P сосуществуют, значения этих переменных определены. Значение F не определено.

2. Мир M *уничтожается*: DELETE M. Теперь переменная M не определена, ей ничего не сопоставлено. Зато переменная P по-прежнему определена. Это *прошлое*, та часть исчезнувшего мира, которая уцелела. Значение F не определено.

3. Недетерминированным образом выбирается *новое будущее*: CHOOSE F | F $\neq \varnothing$ и P $\cap$ F = $\varnothing$. Значения переменных P и F определены. Значение M не определено.

4. *Возникает* новый мир M: CHOOSE M | M = P $\cup$ F. Прошлое соединилось с будущим. Все три переменные M, P и F определены.

5. DELETE P, F. Есть только настоящее. Значения переменных P и F не определены, M определено.

6. GOTO 1. Возврат к шагу 1.

Формально, прокомментированные шаги 1—6 сводятся к выполнению следующей *ABT*-программы π.

(π)

1. CHOOSE P | P $\subset$ M & P $\neq$ M
2. DELETE M
3. CHOOSE F | F $\neq \varnothing$ & P $\cap$ F = $\varnothing$
4. CHOOSE M | M = P $\cup$ F
5. DELETE P, F
6. GOTO 1

ABT-программа π в процессе выполнения осуществляет *переход* от момента настоящего к следующему настоящему. Поскольку двух «настоящих» быть не может, они никогда не сосуществуют: прежде, чем появится новое настоящее (шаг 4), предыдущее успевает исчезнуть (шаг 2). Из таких дискретных переходов складывается *течение времени*. Точно таким же образом осуществляется переход от акта уничтожения к акту сотворения у мутазилитов. Возникает естественный вопрос: сколько *длится* этот переход? Но этот вопрос неправильно поставлен. Его пресуппозицией является утверждение, что *ABT*-программа π или переход мутазилитов выполняется *во времени*, что каждый соответствующий цикл занимает некоторое время. Однако, данное утверждение в рассматриваемой ситуации *ложно*. Само выполнение *ABT*-программы π или сам по себе переход от акта уничтожения к акту сотворения у мутазилитов *порождает* время. Бессмысленно утверждать, что порождение времени происходит во времени, что оно занимает какое-то время. *Становление или течение времени не происходит во времени, оно и есть время.*

Как же тогда быть с законным фундаментальным вопросом: *Сколько прошло* времени или *сколько пройдёт* (потребуется) времени? На данный вопрос ни концепция мутазилитов, ни моделирующая ее вычислительная интерпретация, представленная *ABT*-программой π, ответа не дает. Эти конструкции онтологически *первичны*, в них еще нет счета времени. Чтобы такой счет мог возникнуть, требуется, как минимум, осуществить два существенных усложнения исходной модели. Во-первых, надо мир М представить в виде *метамомента*: упорядоченной структуры «внутренних» моментов. Например, такая структура могла бы удовлетворять аксиомам о ветвлении моментов в будущее и их линейности в прошлое, как уже было показано. Во-вторых, на множестве подмножеств тем или иным образом упорядоченных моментов необходимо ввести функцию *меры* или какой-то подходящий ее аналог. Но всё это технически сложно и лежит далеко за пределами построений мутазилитов и проблемы их интерпретации.

Еще одно напрашивающееся возражение связано с использованием терминов «раньше, чем», «позже, чем», «сейчас», «теперь» и т.п. применительно к процессу выполнения *ABT*-программы π или актам уничтожения и сотворения мутазилитов. Не являются ли обороты типа «пусть сейчас выполняется шаг *n* *ABT*-программы π», «шаг 3 *ABT*-программы π выполняется раньше, чем шаг 4» «акт уничтожения предшествует акту возникновения» и т.д. незаконными, вводящими темпоральные понятия там, где еще нет времени. На наш взгляд, необходимо выделять два слоя темпоральных понятий. Один слой относится к структуре *множества моментов*, другой, более глубинный, — к структуре самих *моментов*. Момент времени структурирован, но не статичным теоретико-множественным образом, а динамически, через смену составляющих его событий или действий. Например, в утверждениях «момент *t* *раньше* момента *t**» и «акт уничтожения происходит *раньше* акта возникновения» содержится одинаковое слово «*раньше*», но за ним в первом и во втором случае скрываются разные понятия, имеющие отдельную область применимости.

Мутазилиты фактически предложили в качестве представления времени двухэлементный цикл *уничтожение — возникновение*. Но можно ли представить такой цикл шагом 2 и шагом 4 в следующей форме: Мир М *уничтожается*: DELETE M; *Возникает* новый мир М: CHOOSE M? По нашему мнению, нельзя. Ведь тотальное уничтожение мира и последующее возникновение ниоткуда взявшегося нового не обеспечивает никакой *преемственности* между действиями по уничтожению и возникновению.

Однако дело не так просто. Как пишет А.В. Смирнов, «В своем подлинном начальном варианте теория времени, как она была создана первыми мутакаллимами, мутазилитами (а не пересказана столетия спустя поздними мутакаллимами, ашаритами, а с их слов - и другими мыслителями) отнюдь не предполагает тотальное уничтожение мира и возникновение заново всего мира. Акты *уничтожение — возникновение* относятся у них только к акциденциям, но не к субстанциям. Отставивая субстанциальную устойчивость мира, мутазилиты, вероятно, видели в этом ответ на вопрос о преемственности между отдельными моментами существования мира» [2. С. 158].

Вернемся к вопросу о вычислительной интерпретации концепции времени мутазилитов. Акты уничтожения и сотворения можно представлять как сложные, т.е. составленные из нескольких базовых (далее неделимых) действий. В этом случае наша *АВТ*-программа π воспроизведет двухэлементную модель мутазилитов посредством *соединения* шагов: шаги 1—2 соответствуют *уничтожению*, шаги 3—5 — *возникновению*. Правда, при этом шаг 6 всё-таки выпадает. Однако, это так только с формальной стороны. В содержательном отношении нет никаких сомнений, что акты уничтожения и возникновения в концепции мутазилитов повторяются вновь и вновь, образуя то, что мы теперь называем циклом.

Утверждать, что двухэлементный цикл мутазилитов не сопоставим напрямую с шестиэлементным циклом *АВТ*-теории — все равно, что отрицать прямую сравнимость двухтактных и четырехтактных двигателей внутреннего сгорания. А если вспомнить, что в двухтактном двигателе за один такт выполняется несколько операций, которые в четырехтактном двигателе разделены, то аналогия становится поистине полной. Но четырехтактный двигатель лучше двухтактного. Поэтому мы не призываем вернуться к двухтактной темпоральной модели мутазилитов. Но для своего времени эта модель была высочайшим достижением. Более того, если уж говорить о проблеме времени сегодня, то в философском отношении лучше пользоваться концепцией мутазилитов, чем современными лишенными каких бы то ни было динамических темпоральных характеристик геометрическими моделями физиков.

В заключение кратко обсудим ещё одну любопытную проблему. Последовательность шагов *уничтожение — возникновение* у мутазилитов не случайна, т.е. она не обращается. *Сначала* уничтожение (D), *потом* возникновение (C). Но вот вопрос: можно ли уничтожить то, чего нет, уничтожить не существующее? На этот вопрос напрашивается отрицательный ответ: уничтожить можно только уже существующее, т.е. то, что возникло в предшествующий момент времени. А если так, то действие уничтожения предполагает, что какой-то мир до этого акта *уже существовал*. Но и он возник лишь благодаря тому, что до этого был уничтожен более ранний мир и т.д., до бесконечности. *Время в этом случае не должно иметь начала*!

......DC, DC, DC, DC......

Именно этот вариант интерпретации динамической концепции времени реализован в философии суфизма: здесь существующий во времени мир «параллелен» существующему в вечности Богу и, как и последний, не имеет временн*о*го начала.

Однако возможно и другое решение: Бог мог сотворить первый мир из ничего, породив затем цепочку уничтожений и возникновений.

C, DC, DC, DC, DC......

Этот вариант реализован в концепциях тех мутазилитов, которые придерживались коранического тезиса о творении мира из ничего и, следовательно, о начале мира во времени.

Что касается предлагаемой вычислительной *ABT*-интерпретации, то последовательность *сначала уничтожение, потом возникновение* в ней была четко реализована. Шаг 2 уничтожения мира M *предшествует* шагу 4 сотворения нового M. Но теперь вопрос о начале времени решается однозначно: *ABT*-программа π *не имеет первого шага выполнения*. Это легко формально доказать, опираясь на заданную семантику операторов языка *ABT*. Такова цена вопроса о том, в какой последовательности осуществляются акты уничтожения и сотворения. Но можно ли реализовать вторую возможность, в которой время имеет начало? В качестве ответа предъявим следующую *ABT*-программу π*.

(π*)

1. CHOOSE M | $M \neq \varnothing$
2. CHOOSE P | $P \subset M$ & $P \neq M$
3. DELETE M
4. CHOOSE F | $F \neq \varnothing$ & $P \cap F = \varnothing$
5. CHOOSE M | $M = P \cup F$
6. DELETE P, F
7. GOTO 2

Процесс выполнения этой программы идёт как раз по типу ряда C, DC, DC, DC, DC...... с первым шагом, соответствующим началу времени. Затем акты уничтожения и возникновения (именно в таком порядке) повторяются до бесконечности.

А как быть с симметричным вопросом о конце времён? В логике рассуждений мутазилитов нет никаких оснований для выбора последнего момента времени. И если Бог решит когда-то уничтожить мир, но затем его не воссоздавать, то сделано это будет в неведомом будущем и по причинам, выходящим за границы концепции времени как таковой. В *ABT*-теории предъявить программу, моделирующую течение времени и при этом обречённую на завершение своей работы, не так то просто. Можно, конечно, ввести счётчик числа циклов, по завершению которого программа остановится. Но кто решится сказать, сколько в точности мгновений осталось существовать миру?

ПРИМЕЧАНИЯ

(1) Функция E, константа LD и понятие E-равномерности введены в [1] и также в [4].

(2) Доказательство этой теоремы мы не приводим, т. к. из-за своей технической сложности оно выпадает из ориентированного на доступность материала статьи. Его можно найти в работе [1].

ЛИТЕРАТУРА

[1] *Анисов А.М.* Время и компьютер. Негеометрический образ времени. М., 1991.

[2] *Анисов А.М.*, *Смирнов А.В.* Логические основания философии времени мутазилитов // Философский журнал. 2009. № 2 (3). С. 132—163.

[3] *Анисов А.М.* Креативная недетерминированная вычислимость // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Философия». 2009. № 3. С. 80—92.

[4] *Анисов А.М.* Феномен течения времени. Логико-философский анализ. LAP LAMBERT, 2012.

[5] *Черч А.* Введение в математическую логику. М., 1960.

ONTOLOGY CURRENTS OF TIME: ABSTRACT COMPUTING MODELS

A.M. Anisov

Department of Epistemology and Logic
Institute of Philosophy RAS
Goncharnaya, 12/1, Moscow, Russia, 109240

In article by means of abstract computing models on the basis of the language of programming ABT created by the author is under construction ontology currents of time. One of models specifies the original concept of atomic time which has arisen in medieval Arabian philosophy.

Key words: current of time, becoming, computing model, the Arabian philosophy of time.

REFERENCES

[1] Anisov A.M. Vremja i komp'juter. Negeometricheskij obraz vremeni. M., 1991.
[2] Anisov A.M., Smirnov A.V. Logicheskie osnovanija filosofii vremeni mutazilitov. *Filosofskij zhurnal*. 2009. No. 2 (3). S. 132—163.
[3] Anisov A.M. Kreativnaja nedeterminirovannaja vychislimost'. *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Serija «Filosofija»*. 2009. № 3. S. 80—92.
[4] Anisov A.M. Fenomen techenija vremeni. Logiko-filosofskij analiz. LAP LAMBERT, 2012.
[5] Cherch A. Vvedenie v matematicheskuju logiku. M., 1960.